

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-204121

(43)Date of publication of application : 22.07.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

(21)Application number : 04-360795

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 28.12.1992

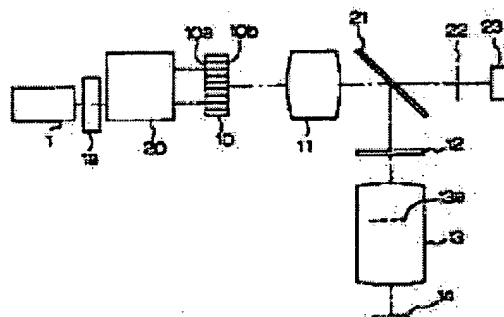
(72)Inventor : SHIOZAWA TAKANAGA

(54) ILLUMINATOR AND PROJECTION ALIGNER USING THE SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To manufacture a semiconductor element capable of projection alignment of high resolution, by selecting the optimum illumination system through the direction, the line width, etc., of a pattern form.

CONSTITUTION: The light flux from a light source 1 is subjected to amplitude division into a plurality of incoherent light fluxes by an optical means. A plurality of secondary light sources are formed by applying a plurality of the light fluxes to an optical integrator 10. The light fluxes from a plurality of the secondary light sources are converged by a condenser lens, and illuminate a pattern on a surface to be irradiated. The pattern is subjected to projection exposure on the substrate surface by a projection optical system 13. The optical means has an adjusting member which independently adjusts the respective relative light quantities of a plurality of the light fluxes.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-204121

(43)公開日 平成 6 年(1994) 7 月22日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/20	5 2 1	7316-2H		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 1 1 S
		7352-4M		3 1 1 L

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-360795

(22)出願日 平成 4 年(1992)12月28日

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号

(72)発明者 塩澤 崇永

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ャノン株式会社小杉事業所内

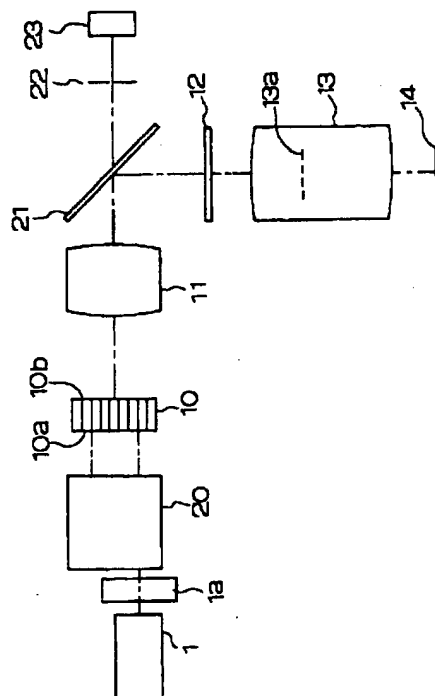
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 照明装置及びそれを用いた投影露光装置

(57)【要約】

【目的】 パターン形状の方向や線幅等により最適な照明系を選択して高解像力の投影露光が可能な半導体素子の製造に好適な照明装置及びそれを用いた投影露光装置を得ること。

【構成】 光源からの光束を光学手段でインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオプティカルインテグレータを介して複数の 2 次光源を形成し、該複数の 2 次光源からの光束を集光レンズで集光して被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板上に投影露光する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していること。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光束を光学手段でインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオプティカルインテグレータを介して複数の2次光源を形成し、該複数の2次光源からの光束を集光レンズにより集光して被照射面を照射する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していることを特徴とする照明装置。

【請求項2】 光源からの光束を光学手段によりインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオプティカルインテグレータを介して複数の2次光源を形成し、該複数の2次光源からの光束を集光レンズで集光して被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影露光する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 前記光学手段は入射光束を所定の偏光特性を有する2つの光束に分割する第1偏光ビームスプリッターと、該第1偏光ビームスプリッターからの2つの光束を更に2つの光束に分割する第2、第3偏光ビームスプリッターとを有していることを特徴とする請求項2の投影露光装置。

【請求項4】 前記調整部材は前記第1、第2、第3偏光ビームスプリッターの前方に配置した回動可能な位相素子より成っていることを特徴とする請求項3の投影露光装置。

【請求項5】 前記調整部材は前記第1偏光ビームスプリッターで分割した2つの光束のうち一方の光束の光路中に減光量が一定又は可変の固定又は着脱可能な減光部材を有していることを特徴とする請求項3の投影露光装置。

【請求項6】 前記減光部材はNDフィルター又はハーフミラーから成ることを特徴とする請求項5の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は照明装置及びそれを用いた投影露光装置に関し、具体的には半導体素子の製造装置である所謂ステッパーにおいてレチクル面上のパターンを適切に照明し、高い解像力が容易に得られるようにした照明装置及びそれを用いた投影露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近の半導体素子の製造技術の進展は目覚ましく、又それに伴う微細加工技術の進展も著しい。特に光加工技術は1MDRAMの半導体素子の製造を境にサブミクロンの解像力を有する微細加工の技術まで達している。解像力を向上させる手段としてこれまで多くの場合、露光波長を固定して、光学系のNA（開口数）を大きくしていく方法を用いていた。しかし最近では露

光波長をg線からi線に変えて、超高圧水銀灯を用いた露光法により解像力を向上させる試みも種々に行なわれている。

【0003】露光波長としてg線やi線を用いる方法の発展と共にレジストプロセスも同様に発展してきた。この光学系とプロセスの両者が相まって、光リソグラフィが急激に進歩してきた。

【0004】一般にステッパーの焦点深度はNAの2乗に反比例することが知られている。この為サブミクロンの解像力を得ようとする、それと共に焦点深度が浅くなっていくという問題点が生じてくる。

【0005】これに対してエキシマレーザーに代表される更に短い波長の光を用いることにより解像力の向上を図る方法が種々と提案されている。短波長の光を用いる効果は一般に波長に反比例する効果を持っていることが知られており、波長を短くした分だけ焦点深度は深くなる。

【0006】短波長化の光を用いる他に解像力を向上させる方法として位相シフトマスクを用いる方法（位相シフト法）が種々と提案されている。この方法は従来のマスクの一部分に他の部分とは通過光に対し180度の位相差を与える薄膜を形成し、解像力を向上させようとするものであり、IBM社（米国）のLevensonらにより提案されている。解像力RPは波長を λ 、パラメータを k_1 、開口数をNAとすると一般に式

$$RP = k_1 \lambda / NA$$

で示される。通常0.7～0.8が実用域とされるパラメータ k_1 は、位相シフト法によれば0.35ぐらい迄大幅に改善できることが知られている。

【0007】位相シフト法には種々のものが知られており、それらは例えば日経マイクロデバイス1990年7月号108ページ以降の福田等の論文に詳しく記載されている。

【0008】しかしながら実際に空間周波数変調型の位相シフトマスクを用いて解像力を向上させるためには未だ多くの問題点が残っている。例えば現状で問題点となっているものとして以下のものがある。

(イ)．位相シフト膜を形成する技術が未確立。

(ロ)．位相シフト膜用の最適なCADの開発が未確立。

(ハ)．位相シフト膜を付けれないパターンの存在。

(ニ)．(ハ)に関連してネガ型レジストを使用せざるを得ないこと。

(ホ)．検査、修正技術が未確立。

【0009】このため実際に、この位相シフトマスクを利用して半導体素子を製造するには様々な障害があり、現在のところ大変困難である。

【0010】これに対して、本出願人はより解像力を高めた露光方法及びそれを用いた露光装置の特願平3-28631号公報（平成3年2月22日出願）で提案して

いる。

【0011】そこでは照明光（有効光源）を4つの部分に分割し、4重極状の照明光とすることにより高解像度の投影を行なっている。

【0012】図9は本出願人が先に提案した高解像度用の投影露光装置の要部概略図である。

【0013】同図においてはエキシマレーザー101から射出した光束をビーム整形光学系（不図示）によりビーム整形した後、光分割手段109aで互いにインコヒーレントな複数の光束に振幅分割して射出してオブティカルインテグレート110に入射している。

【0014】オブティカルインテグレート110の入射面110aにおける光強度分布は、例えば図10に示すようになっている。このとき射出面110bもそれに対応した光強度分布となっている。

【0015】尚、図10では光分割手段109aで入射光束を4つの光束の分割した場合を示している。

【0016】オブティカルインテグレート110からの光束をコンデンサーレンズ111で集光し、被照射面であるレチクル112を照明している。そしてレチクル112面上のパターンを投影光学系113によりウエハ114面上に投影している。

【0017】同図ではオブティカルインテグレート110の射出面110bの光強度分布を図10に示すような形状とし、かつコンデンサーレンズ111で射出面110bを投影光学系113の瞳に結像させるようにしている。これによりレチクル112の特定のパターンについて高解像度のパターン投影を行なっている。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】一般にウエハ面上に転写されるパターン像質（解像度）は照明装置の性質、例えば被照射面上の照射光の角度分布（配光特性）に大きく影響される。

【0019】半導体素子の製造用の投影露光装置では組立精度のパラッキや各要素の経時的な変動のために被照射面であるレチクル面上の配光特性を均一に維持するのが大変難しい。この為、被照射面上の配光特性の非対称性によりパターン像の解像力が低下してくる場合があった。

【0020】本発明は本出願人が先に出願した投影露光装置において、照明装置の一部を構成するオブティカルインテグレートの入射面上の複数の光束に基づく照度分布を任意に調整できるようにし、これにより被照射面上の配光特性を任意に調整し、高い解像度のパターン像が容易に得られる半導体素子の製造に好適な照明装置及びそれをを用いた投影露光装置の提供を目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明の照明装置は、光源からの光束を光学手段でインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオブティカルインテグ

レートを経して複数の2次光源を形成し、該複数の2次光源からの光束を集光レンズにより集光して被照射面を照射する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していることを特徴としている。

【0022】本発明の投影露光装置は、光源からの光束を光学手段によりインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、該複数の光束をオブティカルインテグレートを経して複数の2次光源を形成し、該複数の2次光源からの光束を集光レンズで集光して被照射面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系により基板面上に投影露光する際、該光学手段は複数の光束の各々の相対光量を独立に調整する調整部材を有していることを特徴としている。

【0023】この他本発明の投影露光装置では、（イ）前記光学手段は入射光束を所定の偏光特性を有する2つの光束に分割する第1偏光ビームスプリッターと該第1偏光ビームスプリッターからの2つの光束を更に2つの光束に分割する第2、第3偏光ビームスプリッターとを有していること、（ロ）前記調整部材は前記第1、第2、第3偏光ビームスプリッターの前方に配置した回動可能な位相素子より成っていること、（ハ）前記調整部材は前記第1偏光ビームスプリッターで分割した2つの光束のうち一方の光束の光路中に減光量が一定又は可変の固定又は着脱可能な減光部材を有していること、

（ニ）前記減光部材はNDフィルター又はハーフミラーから成ること、等の特徴としている。

【0024】

【実施例】図1は本発明の実施例1の要部概略図である。

【0025】図中1は光源であり、例えば狭帯域化したエキシマレーザー等から成っている。エキシマレーザー1からの光束はプリズム、グレーティング若しくはそれらとエタロン等の組み合わせにより狭帯域化され、非常に強い偏光特性を有している。

【0026】1aはビーム整形光学系であり、光源1からの光束をビーム整形して射出している。20は光学手段であり、ビーム整形光学系1aからの光束をインコヒーレントな複数の光束に振幅分割し、かつ調整部材により複数の光束の各々の相対強度を独立に調整した後射出し、オブティカルインテグレート10の入射面10aに入射している。入射面10aには、例えば図10に示すような複数の光束に基づく複数の光量分布が形成されている。

【0027】オブティカルインテグレート10は複数の微小レンズを2次元的に所定のピッチで配列して構成している。オブティカルインテグレート10の射出面10bには複数の2次元光源が形成されている。

【0028】11はコンデンサーレンズであり、オブティカルインテグレート10の射出面10bからの光束を

集光し、ハーフミラー21に入射している。ハーフミラー21で反射した一部の光束により被照射面であるレチクル12を照明している。

【0029】尚、以上の光源1からレチクル12に至る各要素は照明装置の一要素を構成している。

【0030】13は投影光学系であり、レチクル12面上のパターンをウエハ14面上に縮小投影している。22はピンホールであり、ハーフミラー21を介してレチクル12と光学的に等価な位置に配置している。

【0031】23は光検出器であり、ハーフミラー21を透過し、ピンホール22を通過してきた光束を検出し、間接的にレチクル12面上の照度をモニターしている。光検出器23は2次元CCDや4分割センサー等から成り、ピンホール22を通過してくる全光量を計測すると共に、後述するようにオプティカルインテグレータ10の射出面10bに形成された複数の領域（例えば4つの領域）の有効光源の強度比をモニターしている。オプティカルインテグレータ10の射出面10b上の複数の領域の強度比が等しくなるように後述する光学手段20内の調整部材で調整している。

【0032】尚、コンデンサーレンズ11はオプティカルインテグレータ10の射出面10b近傍に形成した複数の2次光源をハーフミラー21を介して投影光学系13の瞳13aに2次光源像として形成している。

【0033】本実施例では投影光学系13の瞳面13aに形成される2次光源像の光強度分布を種々と変更して前述の特願平3-28613号で提案したのと同様の照明方法（高解像度照明）を採ることにより高解像度の回路パターンの投影露光を行なっている。

【0034】次に本実施例の光学手段20の構成について説明する。図2は本実施例の光学手段20の実施例1の要部概略図である。

【0035】本実施例ではビーム整形光学系1aからの入射光束をインコヒーレントな4つの光束に振幅分割して射出する場合を示している（尚、分割する光束の数は4つに限らずいくつであっても良い）。

【0036】1は光源であり、偏光特性の強い光束を射出している。図中、2、5a、5b、8a、8b、8c、8dは各々調整部材としての $\lambda/2$ 板等の位相板であり、光軸中心に回転調整可能になっている。3、6a、6bは各々第1、第2、第3偏光ビームスプリッターである。4、7a、7bは各々ミラーである。

【0037】図3は図2の各点（A～F₄）における光束の偏光状態及び振幅を図2の各位置（A～F₄）に対応させて示している。

【0038】図3に示すAのような偏光状態（0°直線偏光）で光源1より射出された光束は調整部材としての $\lambda/2$ 板2を適当に調整することにより図3のBのような偏光状態（45°直線偏光）の光束に変換され、第1偏光ビームスプリッター3を通過することにより、図3の

C₁、C₂のように互いに直交した偏光状態（0°直線偏光と90°直線偏光）をもつ等強度の2つの光束に分割される。

【0039】これらの光束C₁、C₂は適当に調整された調整部材としての $\lambda/2$ 板5a、5bにより再び光束D₁、D₂のような45°直線偏光に変換される。そして第2、第3偏光ビームスプリッター6a、6bを通過することにより光束E₁、E₂、E₃、E₄のように等強度の4つの光束に分割される。

【0040】そして図4（A）に示すようにオプティカルインテグレータ10の入射面10aの各所定の位置に指向され、その面10a上に4つの分布G₁～G₄を形成し、射出面10b近傍に4つの2次光源群を形成する。

【0041】図2中の $\lambda/2$ 板8a、8b、8c、8dはオプティカルインテグレータ10の入射面10aに入射する各光束の偏光方向を任意に変えるためのものであり、その調整によって4つの光束を図4（B）、（C）のように設定することができる。

【0042】図5は図2の光学手段20において、調整部材としての $\lambda/2$ 板2を光軸に対して回転させ上記位置からずらした場合の各位置での偏光状態を示している。このとき、図2の位置Bでの偏光状態は図5の光束Bのように45°直線偏光から若干ずれ、第1偏光ビームスプリッター3を通過した光量の比が等しくなくなる。このような原理によりオプティカルインテグレータ10の入射面10aに入射する各光束の相対強度比を調整している。

【0043】本実施例においては光源1として直線偏光のレーザーを用いたが、例えば円偏光や楕円偏光の光束を放射する光源を用いた場合、位相板2を $\lambda/4$ 板や $\lambda/4$ 板と $\lambda/2$ 板の組み合わせとすることにより同様の効果を達成することができる。又レーザー光に若干の無偏光成分が含まれていた場合、光量の調整中が若干小さくなる程度で支障はない。

【0044】各偏光ビームスプリッター3、6a、6bはS偏光が透過率1%以下、P偏光が反射率1%以下というように消光比が小さいものが望ましいが、実際にはある偏光が透過率40%以下、それと直交する偏光が反射率40%以下程度であれば必要な光量調整は可能である。

【0045】図6は本発明に係る光学手段の実施例2の要部概略図である。

【0046】同図は図2の第1偏光ビームスプリッター3により分割された2つの光束の光路中に切替え可能なNDフィルター板31、32を設けたものである。NDフィルター板31、32は図7に示したようなものであり、例えば光束を100%透過させるNDフィルター31aと様々な透過率をもつ複数のNDフィルター31a～31hを基板上にターレット式に設けて構成してい

る。

【0047】NDフィルター31aを透過率100%、NDフィルター31bを透過率95%というように各光路中に所望のNDフィルターを挿入することにより、第1偏光ビームスプリッター3により分割された2つの光束の光量比を調整している。

【0048】本実施例の場合、光源1からの光束が全く無偏光の場合においても有効である。又、NDフィルター板を第2、第3ビームスプリッター6a、6bにより分割された4光束の光路中に配置し、直接4光束の光量比を調整してもよい。

【0049】図8は本発明に係る光学手段の実施例3の要部概略図である。

【0050】本実施例は光源1が全く無偏光、もしくは極めて偏光度の小さい光束を射出する場合である。

【0051】図中、41は消光比の小さい第1偏光ビームスプリッターであり、光源1からの光束が第1偏光ビームスプリッター41を通過することにより、ほぼ完全に2つの直交した直線偏光の光に分けられる。42a、42b、42cは各々固定された $\lambda/4$ 板であり、第1偏光ビームスプリッターを通過してきた直線偏光光を円偏光光に変換するように設定されている。42d、42eは設定可変な調整部材としての $\lambda/4$ 板であり、第2、第3ビームスプリッター6a、6bによる光束の分割比(光束 b_1 :光束 b_2 及び光束 b_3 :光束 b_4)を調整する為のものである。

【0052】43、44は反射率を変えることのできる複数のハーフミラーを有するハーフミラー部材であり、図9のNDフィルター板と同じような構成を持つ。

【0053】今、ハーフミラー部材43、44の無調整のとき(ハーフミラー部材43、44内の光軸上のハーフミラーの透過率が共に100%のとき)、光束 b_1 +光束 b_2 の光量が100、光束 b_3 +光束 b_4 の光量が80のときに双方の光量を等しくしたいとする。このときハーフミラー部材43を透過率90%、反射率10%のハーフミラーに切り替えると両者の光量が等しくなる。

【0054】以下、このときの原理を説明する。偏光ビームスプリッター41は分割面に対してP偏光光を透過、S偏光光を反射するものとする。光源1からの光束は偏光ビームスプリッター41を通過することにより90%の透過光(P偏光光)と10%の反射光(S偏光光)に分割される。90%の透過光(P偏光光)は $\lambda/4$ 板42bを通過することにより円偏光光に変換される。

【0055】この光のうちハーフミラー43によって反射された10%の光束は、再び $\lambda/4$ 板42bを通過しS偏光光に変換される。この光は偏光ビームスプリッター41により反射され、 $\lambda/4$ 板42aを介してミラー44により反射され、再び偏光ビームスプリッター41

に入射するときにはP偏光となり、反射されずにミラー4の方向(b_3 、 b_4 の方)へ指向される。

【0056】そして10%の光束は $\lambda/4$ 板42cを通り、ハーフミラー部44に入射する。これにより光束(b_1 + b_2)の光量が90、光束(b_3 + b_4)の光量が90となり、双方は一致する。

【0057】本実施例では以上のような原理により、光量のロス無しに複数の光束の光量を調整している。

【0058】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、投影露光装置において照明装置の一部を構成するオプティカルインテグレータの入射面上の複数の光束に基づく照度分布を任意に調整できるようにし、これにより被照射面上の照度分布を任意に調整し、高い解像度のパターン像が容易に得られる半導体素子の製造に好適な照明装置及びそれを用いた投影露光装置を達成している。

【0059】この他本発明によれば、光源からの光束の偏光状態を変えることにより、もしくは減光手段を用いることにより、分割する光束の光量比を制御し、有効光源の強度分布を制御することが可能であり、有効光源の非対称性を原因とする結像性能の劣化を防ぐことができ、良好な結像性能を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1の要部概略図

【図2】 図1の一部分の説明図

【図3】 図2の各位置における光束の偏光状態の説明図

【図4】 図1のオプティカルインテグレータの射出面上の光束の説明図

【図5】 図1のオプティカルインテグレータの射出面上の光束の説明図

【図6】 本発明に係る光学手段の実施例2の要部概略図

【図7】 図6の一部分の説明図

【図8】 本発明に係る光学手段の実施例3の要部概略図

【図9】 従来の投影露光装置の要部概略図

【図10】 図9の一部分の説明図

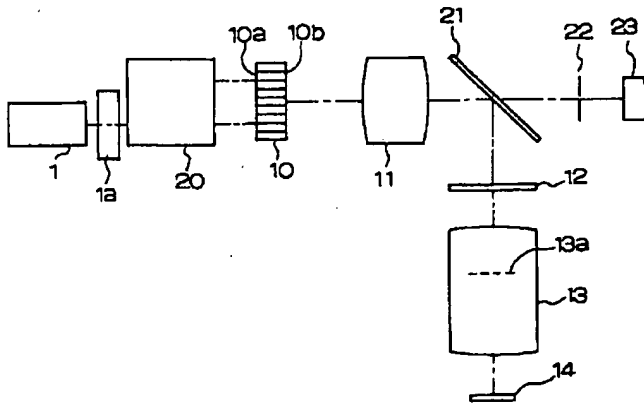
【符号の説明】

- 1 光源
- 1a ビーム整形光学系
- 2, 5a, 5b 調整部材
- 3, 6a, 6b 偏光ビームスプリッター
- 10 オプティカルインテグレータ
- 12 レチクル
- 13 投影光学系
- 14 ウエハ
- 20 光学手段
- 21 ハーフミラー

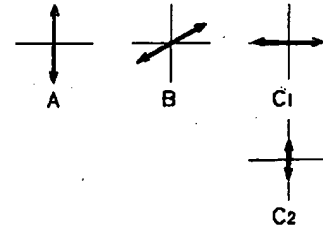
22 ピンホール

23 光検出器

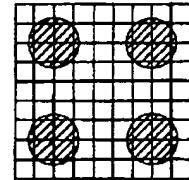
【図1】



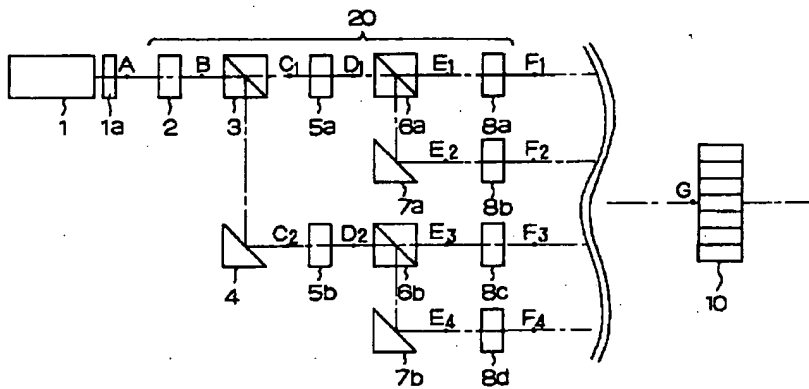
【図5】



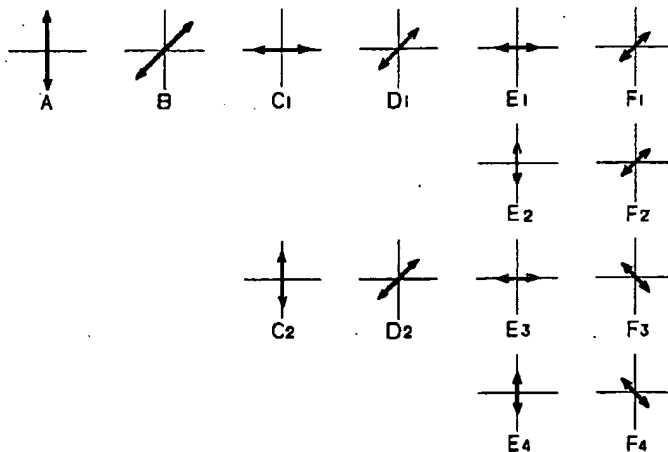
【図10】



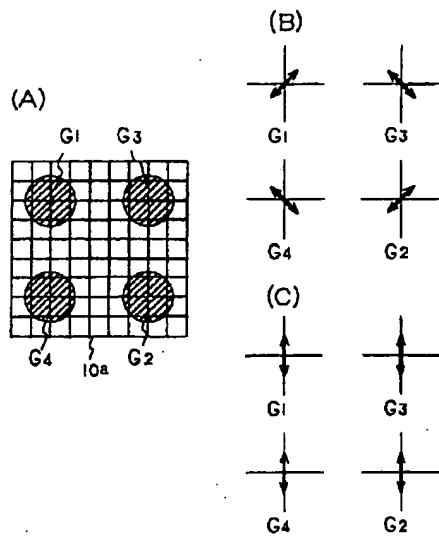
【図2】



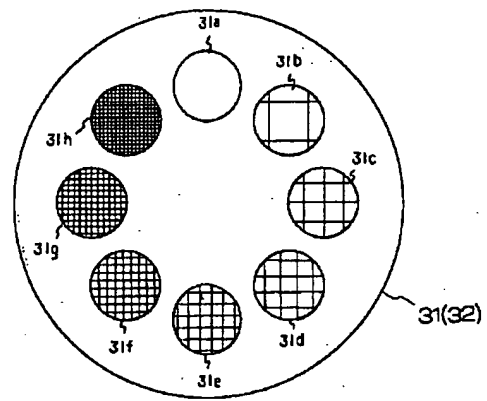
【図3】



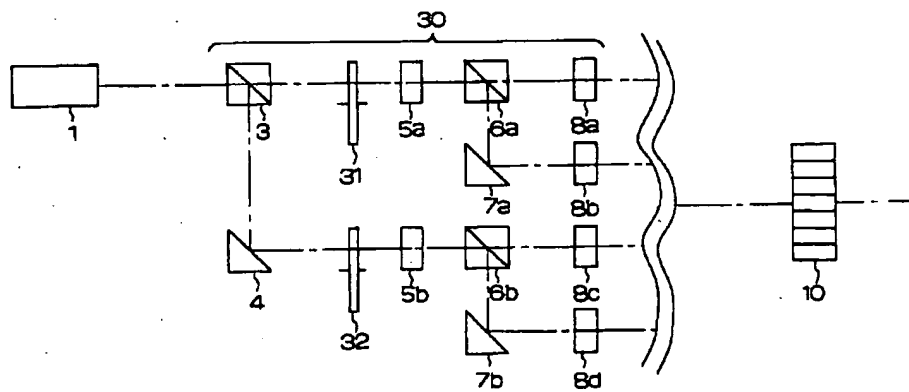
【図4】



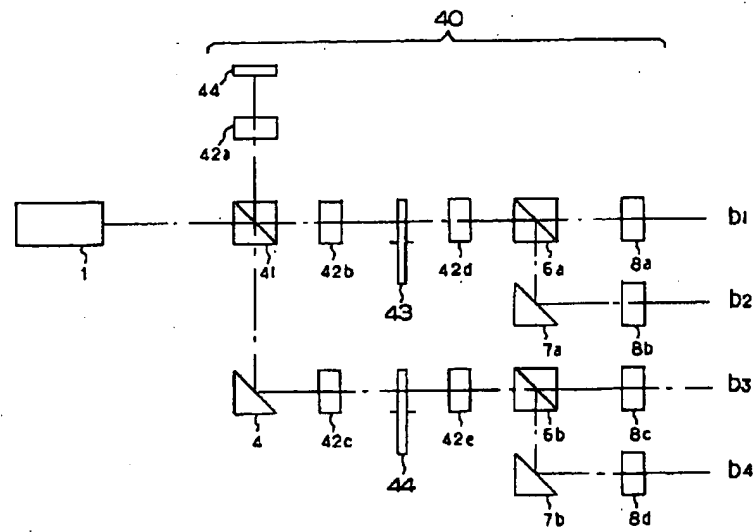
【図7】



【図6】



【図8】



【図9】

